

Kajian Pemanfaatan Sumberdaya Air Waduk Serbaguna Jatigede, Jawa Barat

Dhiky Pediano Pradwipa^{1,a}, R. Jayadi^{2,b}, Istiarto^{3,c}

¹Program Studi S2 Teknik Sipil, Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, Indonesia

^{2,3}Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, Indonesia
^adhikyman13@gmail.com, ^brjayadi@ugm.ac.id, ^cistiarto@ugm.ac.id

Abstrak

Pada penelitian ini dilakukan kajian mengenai pengaturan *release* Waduk Jatigede terhadap kebutuhan air yang dilayani oleh waduk. Penelitian diawali dengan analisis ketersediaan air menggunakan data debit historis Bendung Eretan selama 34 tahun, kebutuhan air irigasi, kebutuhan air baku dan kebutuhan air untuk PLTA. Analisis selanjutnya yaitu dengan melakukan simulasi pengaturan *release* waduk berdasarkan neraca air menggunakan metode *Standard Operating Rule* (SOR) dengan memberikan 2 model prioritas waduk, pertama waduk dengan prioritas pelayanan irigasi dan waduk dengan prioritas pelayanan PLTA. Analisis selanjutnya adalah melakukan skenario pola debit *inflow* tahun basah, tahun normal dan tahun kering. Analisis selanjutnya melakukan simulasi dengan 2 prioritas waduk menggunakan data *inflow* tahun basah, tahun normal dan tahun kering.

Hasil simulasi dengan 2 model prioritas didapatkan untuk prioritas sebagai fungsi irigasi, reliabilitas irigasi, air baku dan PLTA berturut-turut sebesar 89%, 81% dan 96% sedangkan untuk prioritas sebagai fungsi PLTA, reliabilitas irigasi, air baku dan PLTA berturut-turut sebesar 88%, 100% dan 96%. Untuk tahun basah dan normal pada simulasi prioritas untuk irigasi maupun untuk PLTA reliabilitas waduk mencapai 100%, untuk tahun kering pada prioritas waduk untuk irigasi reliabilitas berturut-turut 92%, 88% dan 95% dan untuk prioritas waduk untuk PLTA reliabilitas berturut-turut 91%, 100%, 95%. Nilai reliabilitas pada skenario prioritas waduk sebagai PLTA memiliki nilai reliabilitas lebih besar dari prioritas irigasi dikarenakan air yang digunakan untuk memutar turbin kemudian selanjutnya dapat digunakan untuk irigasi.

Kata kunci: simulasi, pengoperasian waduk, *operatingpolicy*, *operatingrules*.

Pendahuluan

Waduk Serbaguna Jatigede di Sungai Cimanuk berada di DAS Cimanuk Wilayah Kabupaten Indramayu Jawa Barat. Bendungan Jatigede berada di hulu Bendung Rentang berfungsi untuk mengatur aliran air agar saat musim penghujan air tersebut bisa ditampung dan saat musim kemarau air dialirkan sesuai dengan kebutuhan irigasi, pemikiran ini sudah direncanakan sejak lama untuk memenuhi kebutuhan air irigasi di Daerah Irigasi Rentang secara menerus. Fungsi Bendungan Jatigede ini disamping untuk memenuhi kebutuhan air irigasi untuk daerah irigasi Rentang seluas 90.000 ha, juga untuk memenuhi kebutuhan air baku untuk daerah Kabupaten Cirebon dan Indramayu sebesar 3.500 l/s, pembangkit tenaga listrik dengan kapasitas sebesar 2 x 55 MW, dan untuk pengendalian banjir sungai Cimanuk pada daerah rawan banjir seluas 14.000 ha.

Waduk Jatigede saat ini sudah beroperasi sebagai pemasok air irigasi, sedangkan untuk instalasi air baku sedang dalam proses pembangunan dan pembangkit listrik (PLTA) telah dibangun namun belum beroperasi. Melihat kondisi Waduk Jatigede yang sangat penting bagi masyarakat sekitar, sehingga perlu kajian ilmiah mengenai kapasitas dan pengelolaan air untuk air irigasi, air baku dan pembangkit listrik (PLTA).

Berdasarkan penjelasan diatas dan permasalahan diatas maka tujuan dan manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. melakukan kajian pemanfaatan air waduk guna mengetahui kemampuan Waduk Jatigede dalam memenuhi kebutuhan air irigasi, air baku dan PLTA berdasarkan kapasitas dan debit *inflow* yang ada, serta mendapatkan pedoman operasi waduk optimal dalam bentuk *RuleCurve*.
2. menghasilkan informasi dan rekomendasi mengenai kapasitas layanan kebutuhan air berupa *operatingpolicy* (kebijakan pengoperasian) kepada lembaga/instansi terkait dalam rangka pemanfaatan dan pengembangan potensi air Waduk Jatigede agar dapat berjalan secara optimal.

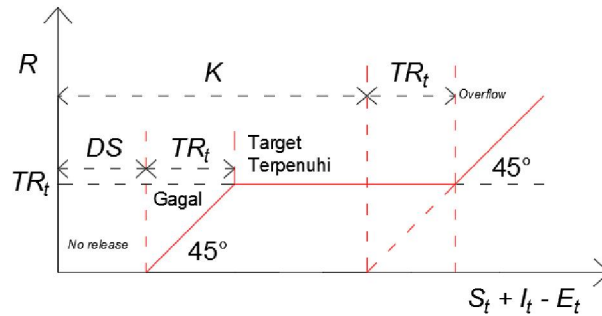
Simulasi Pengaturan *Release* Waduk

Simulasi pengaturan *release* waduk tergantung dengan kebutuhannya, maka lingkup waktu dari simulasi mencakup 1 tahun operasi atau lebih. Salah satu operasi waduk dibagi menjadi sejumlah periode misalnya bulanan, tengah bulanan, 10 harian, mingguan maupun harian. Persamaan umum simulasi operasi waduk adalah *water balance* (Petrova, 2016).

Aturan umum dalam simulasi pengaturan *release* waduk adalah:

1. air waduk tidak boleh turun di bawah tampungan efektif. Dalam banyak keadaan, maka batas bawah tampungan efektif ini ditentukan oleh tingginya lubang *outlet* waduk,
2. air waduk tidak dapat melebihi batas atas tampungan efektif. Dalam banyak keadaan maka batas atas tampungan efektif ini ditentukan oleh puncak *spillway*. Apabila terjadi kelebihan air, maka kelebihan ini akan melimpah melalui *spillway*,
3. ada beberapa wadukmutiguna yang memiliki batasan debit yang dikeluarkan, baik debit maksimum maupun debit minimum.

Pengaturan *release* waduk multi guna dapat dilakukan dengan pendekatan pola operasi standar (*standardoperatingrule*) pada Gambar 1 (Rachmad Jayadi, 2009). Penentuan *realese* waduk dapat dirumuskan ke dalam persamaan yang ditunjukkan pada Persamaan 2 sampai dengan 5.



Gambar 1. Grafik *standard operating rule*.

1. Kondisi tanpa *release*
 $R_t = 0$; jika $S_t + I_t - E_t \leq DS$ (2)
2. Kondisi *release* gagal
 $R_t = S_t + I_t - E_t - DS$; jika $DS < S_t + I_t - E_t \leq DS + TR_t$ (3)
3. Kondisi *target release* terpenuhi
 $R_t = TR_t$; jika $DS + TR_t < S_t + I_t - E_t \leq K + TR_t$ (4)
4. Kondisi *overflow*
 $R_t = S_t + I_t - E_t - K$; jika $S_t + I_t - E_t > K + TR_t$ (5)

dimana:

R_t : *actual release* waduk periode t (m^3),
 TR_t : nilai *target release* waduk periode t (m^3),
 S_t : tampungan (*storage*) waduk periode t (m^3),
 I_t : masukan (*inflow*) air ke dalam waduk periode t (m^3),
 DS : tampungan minimum waduk (m^3),
 K : kapasitas waduk (m^3).

Prinsip dari grafik diatas adalah bahwa simulasi dilakukan dengan *trial* untuk nilai *release* waduk yang merupakan *outflow* sehingga kriteria optimal penggunaan air dicapai.

Kinerja Operasi Waduk

Kinerja pengoperasian waduk merupakan indikator waduk dalam pengoperasian untuk memenuhi kebutuhan. Beberapa indikator untuk menilai besarnya *performance* operasi waduk dapat meliputi keandalan (*reliability*), kelentingan (*resiliency*) dan kerawanan (*vulnerability*) (Suharyanto, 1997). Pada penelitian ini kinerja operasi waduk yang digunakan adalah keandalan (*reliability*).

Kebijakan Pola Pengoperasian Waduk

Kebijakan pola pengoperasian waduk dapat dibedakan menjadi 2, yaitu :

1. *Standard Operating Policy (SOP)*

Kebijakan pola pengoperasian waduk berdasarkan SOP adalah dengan menentukan *outflow* terlebih dahulu berdasarkan ketersediaan air di waduk dikurangi dengan kehilangan air. Se jauh mungkin *outflow* yang dihasilkan dapat memenuhi seluruh kebutuhan / *demand* dengan syarat air berada dalam zona tampungan aman.

2. *Rule Curve*

Rulecurve adalah suatu ilmu yang menunjukkan keadaan waduk pada akhir periode pengoperasian yang harus dicapai untuk suatu nilai *outflow* tertentu (Mc. Mahon, 1978). *Rulecurve* pengoperasian waduk adalah kurva / grafik yang menunjukkan hubungan antara elevasi muka air waduk, debit *outflow* dan waktu dalam satu tahun (Indra Karya, 1993). *Rulecurve* digunakan sebagai pedoman pengoperasian waduk dalam menentukan pelepasan yang diizinkan dan sebagai harapan memenuhi kebutuhan. Akan tetapi pada kenyataannya, kondisi muka air waduk pada awal operasi belum tentu sama dengan *rulecurve* rencana. Untuk mencapai elevasi awal operasi yang direncanakan, mungkin harus lebih banyak volume air yang dibuang, sebaliknya apabila debit terjadi dari tahun-tahun kering, rencana pelepasan harus disesuaikan dengan kondisi air yang ada.

Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA)

Rumus energi listrik adalah sebagai berikut (Javed, 1989).

$$P = g \times \eta \times X_t \times H_t \times T_t \times \rho \quad (6)$$

dimana:

P_t = energi yang dihasilkan di periode t (GWH),

g = gravitasi,

η = efisiensi pembangkit,

X_t = *release* waduk selama periode t (MCM/waktu),

H_t = tinggi energi selama periode t (m),

T_t = waktu selama periode t (jam),

ρ = massa jenis.

Evaporasi Air Waduk

Perhitungan evaporasi didasarkan pada kecepatan evaporasi, luas permukaan genangan air waduk rata-rata dalam satu periode waktu, dan ditentukan berdasarkan fungsi karakteristik tampungan waduk (Wurbs, 1996).

$$EVP = A_t \times E_{t,0} \quad (7)$$

dimana:

EVP = evaporasi di waduk pada periode ke- t (mm/hari),

E_t = evaporasi harian pada periode t (mm),

A_t = luas permukaan genangan air waduk (km²).

Nilai A_t merupakan fungsi dari karakteristik tampungan waduk saat awal dan akhir dari satu interval waktu. Bentuk umum persamaan karakteristik tampungan waduk adalah sebagai berikut (Dinia, 2014):

$$A_i = a \times S_i^b \quad (8)$$

dimana:

S_i :volume tampungan waduk (MCM),

A_i : luas permukaan genangan air waduk (km²),

a, b : konstanta.

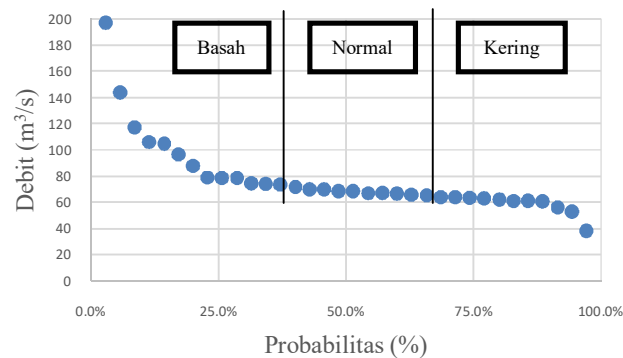
Pengelompokan Data Debit

Skenario pengelompokan debit dimaksudkan untuk mewakili jumlah data debit historis sepanjang 34 tahun dijadikan menjadi 3 tahun, yaitu tahun basah, tahun normal dan tahun kering. Skenario pola debit *inflow* dilakukan sebagai berikut :

1. data debit rerata *inflow* tengah bulanan selama 34 tahun yaitu dari tahun 1981 sampai dengan tahun 2014 diubah menjadi debit rerata tahunan,
2. debit rerata tahunan di urutkan dari debit terbesar ke debit terkecil,
3. setelah data terurutkan, di susun dalam grafik, dan secara visual dibagi menjadi 3 bagian : tahun basah (antara 0% s/d 33,3%), tahun normal (antara 33,3% s/d 66,67%) dan tahun kering (antara 66,67% s/d 100%). Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada tabel dan gambar dibawah ini.

Tabel 1. Pengelompokan skenario pola debit *inflow*

Basah			Normal			Kering		
No	Tahun	Debit	No	Tahun	Debit	No	Tahun	Debit
1	2010	197,07	12	2005	79,16	24	2006	63,91
2	2013	143,83	13	1989	78,60	25	1985	63,91
3	2014	117,14	14	2012	78,60	26	1981	63,23
4	2001	106,29	15	2009	74,40	27	1988	62,88
5	1999	104,56	16	2004	73,72	28	1994	61,94
6	1998	96,24	17	2011	73,38	29	1986	61,27
7	1984	87,76	18	2007	71,42	30	1996	61,19
8	1982	79,16	19	1995	69,91	31	1987	60,73
9	1992	78,60	20	2008	69,60	32	2003	56,16
10	2000	78,60	21	1983	68,45	33	1990	52,86
11	2002	74,40	22	1993	68,30	34	1997	38,14
			23	1991	67,27			



Gambar 2. Pengelompokan debit tahunan kedalam Tahun Basah, Normal dan Kering.

Pada Tabel 1 dan Gambar 2 menunjukkan bahwa setelah data disusun berdasarkan interval yang telah ditentukan maka data *inflow* yang masuk kedalam tahun basah sebanyak 11 tahun, tahun normal sebanyak 12 tahun dan tahun kering sebanyak 11 tahun.

Pengelompokan tahun pola debit *inflow* waduk, untuk bulan yang sama dijumlahkan kemudian dibagikan dengan jumlah tahun dari masing-masing kelompok tahun basah, tahun normal dan tahun kering (rerata masing-masing bulan). Hal ini untuk mengetahui tipikal debit tiap bulan pada setiap tahun basah, tahun normal dan tahun kering. Skenario pengelompokan debit ini digunakan sebagai acuan untuk mengetahui kinerja waduk Jatigede dan untuk mengoptimalkan kinerja waduk Jatigede.

Perumusan Model Simulasi Pengaturan *Release* Waduk

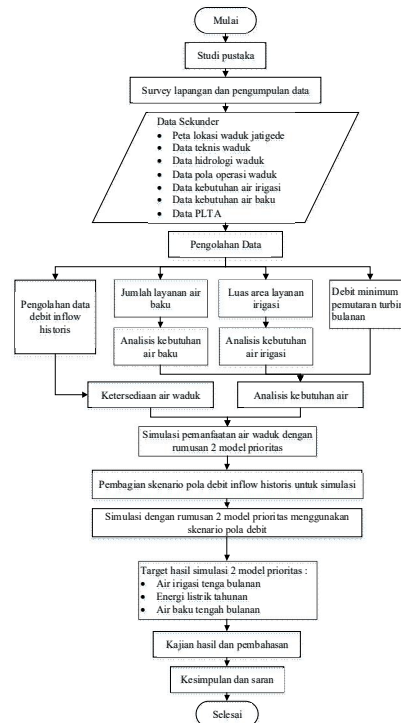
Perumusan model simulasi dilakukan dengan menggunakan 2 model. Model pertama yaitu simulasi pemanfaatan sumberdaya air waduk dengan prioritas air irigasi dan untuk model kedua yaitu simulasi pemanfaatan sumberdaya air waduk dengan prioritas pembangkit listrik. Pada setiap prioritas air dikeluarkan melalui 2 *outlet* yaitu, *outlet* PLTA dan *outlet* utama (irigasi). Untuk *outlet* PLTA debit maksimal yang mampu dikeluarkan adalah sebesar $73 \text{ m}^3/\text{s}$ dan minimal $0 \text{ m}^3/\text{s}$ namun untuk menggerakkan turbin, debit minimal yang dibutuhkan adalah sebesar $14,6 \text{ m}^3/\text{s}$. Sedangkan untuk *outlet* utama (irigasi) debit minimal yang harus dikeluarkan sebesar $1 \text{ m}^3/\text{s}$ yang dibutuhkan sebagai debit pemeliharaan sungai. Hal ini dibutuhkan karena lokasi dari *outlet* PLTA dan *outlet* utama (irigasi) yang berjauhan sehingga apabila pada kondisi tertentu air cukup untuk dikeluarkan melalui *outlet* PLTA ada bagian pada sungai yang tidak terairi sehingga harus ada air yang selalu dikeluarkan melalui *outlet* utama (irigasi).

Pada model simulasi yang pertama dengan prioritas waduk untuk irigasi, kebutuhan air yang harus dipenuhi pertama kali oleh waduk adalah air irigasi. Untuk kebutuhan air yang lain seperti kebutuhan air baku, kebutuhan air PLTA dan *duty flow* dipenuhi setelah kebutuhan air irigasi terpenuhi. Dalam beberapa kondisi jika ketersediaan air sedikit maka kebutuhan air yang didahulukan adalah kebutuhan air irigasi sedangkan untuk kebutuhan yang lain tetap dipenuhi namun tidak sesuai dengan kebutuhan air yang dibutuhkan.

Pada model simulasi yang kedua dengan prioritas waduk untuk PLTA, kebutuhan air yang harus dipenuhi pertama kali oleh waduk adalah air untuk PLTA. untuk kebutuhan air yang lain seperti kebutuhan air baku, kebutuhan air irigasi dan *duty flow* dipenuhi setelah kebutuhan air PLTA terpenuhi. Dalam beberapa kondisi jika kebutuhan air sedikit maka kebutuhan yang didahulukan adalah kebutuhan air PLTA sedangkan untuk kebutuhan air tetap dipenuhi dengan sisa air yang telah digunakan untuk PLTA namun kemungkinan kebutuhan air selain kebutuhan PLTA jumlah tidak sesuai atau lebih kecil dari jumlah air yang dibutuhkan.

Tahapan Penelitian

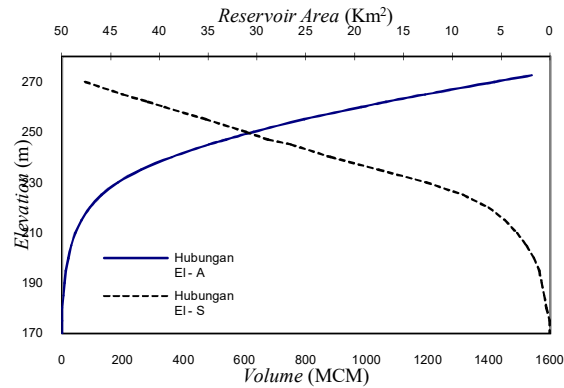
Langkah-langkah yang dilakukan dalam penelitian dapat dilihat dalam bagan alir penelitian pada Gambar 3.



Gambar 3. Bagan alir penelitian

1. Karakteristik Tampungan Waduk

Kurva karakteristik tampungan waduk diperlukan untuk mengetahui hubungan antara elevasi (*elevation*), luas genangan (*area*) dan volume (*storage*) waduk. Kurva karakteristik tampungan waduk Jatigede dapat dilihat pada Gambar4 dibawah ini.



Gambar 4. Kurva karakteristik Waduk Jatigede

Berdasarkan kurva diatas dapat dilihat volume normal Waduk Jatigede berada pada elevasi +250 mMSL. Berdasarkan kurva diatas didapatkan pula luas permukaan dan volume di ambang *spillway* pada elevasi +247 mMSL masing-masing sebesar 28,87 km² dan 536,37 MCM. Hubungan elevasi-volume Waduk Jatigede menggunakan persamaan regresi polinomial orde 3 (Persamaan 9) sedangkan hubungan elevasi-luas genangan menggunakan persamaan regresi polinomial orde 5 (Persamaan 10).

$$S = 0,0025El^3 - 1,3768El^2 + 256,16El - 15855 \quad (9)$$

$$A = (-6 \times 10^{-7})El^5 + 0,0004El^4 - 0,1207El^3 + 11,39El^2 + 224,62El - 64963 \quad (10)$$

dimana :

S : volume tampung waduk (MCM),

El : elevasi (mMSL),

A : luas genangan (km²).

2. Parameter Data Hidrologi

Data hidrologi yang akan digunakan dalam penelitian ini yaitu data debit tengah bulanan selama 34 tahun dari Bendung Eretan (Lampiran) dan data penguapan yang terjadi pada Waduk Jatigede. Data debit rerata dan data penguapan dapat dilihat pada Tabel 2 dan Tabel 3.

Tabel 2. Data debit rerata tengah bulanan Bendung Eretan

Bulan	Debit Rerata (m ³ /s)	Bulan	Debit Rerata (m ³ /s)
Jan-1	117,05	Jul-1	30,95
Jan-2	124,16	Jul-2	25,38
Feb-1	138,47	Agt-1	18,97
Feb-2	134,82	Agt-2	20,82
Mar-1	154,27	Sep-1	25,84
Mar-2	138,86	Sep-2	23,58
Apr-1	142,00	Okt-1	28,30
Apr-2	107,54	Okt-2	37,76
Mei-1	77,27	Nov-1	58,19
Mei-2	63,62	Nov-2	90,99
Jun-1	48,68	Des-1	109,79
Jun-2	40,80	Des-2	102,76

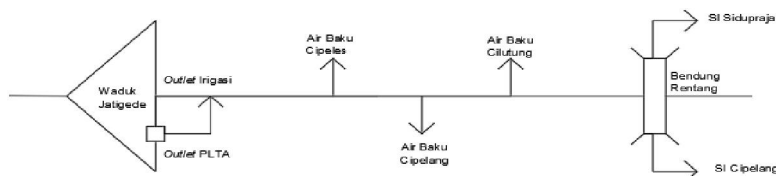
Tabel 3. Data evaporasi Waduk Jatigede

Periode	Evaporasi (mm/hari)	Periode	Evaporasi (mm/hari)
Jan	3,7	Jul	4,2
Feb	4,1	Agu	5,0
Mar	4,6	Sep	5,4
Apr	4,2	Okt	5,9
Mei	4,1	Nov	4,7
Jun	4,0	Des	4,7

Dari tabel diatas dapat dilihat nilai evaporasi maksimum sebesar 5,9 mm/hari yang terjadi pada bulan Oktober dan nilai evaporasi minimum sebesar 3,7 mm/hari yang terjadi pada bulan Januari.

3. Skema Pemanfaatan Sumberdaya Air Waduk Jatigede

Waduk Jatigede selain memiliki fungsi utama sebagai pemasok irigasi pada Bendung Rentang juga memiliki fungsi sebagai pemasok air baku serta PLTA. Dalam studi ini waduk memiliki 2 *outlet*, yaitu *outlet* irigasi dan *outlet* PLTA sedangkan *outlet* air baku berada di hilir bendungan. Skema pemanfaatan sumberdaya air Waduk Jatigede dapat dilihat pada Gambar 5.

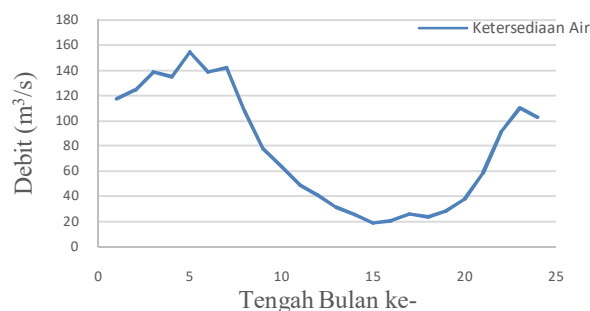


Gambar 5. Skema pemanfaatan sumberdaya air Waduk Jatigede

Dari skema diatas dapat dilihat untuk memenuhi kebutuhan irigasi, air waduk dapat dialirkan melalui kedua *outlet*, baik *outlet* irigasi maupun *outlet* PLTA. Hal ini disebabkan daerah layanan irigasi dari Waduk Jatigede jauh dibagian hilir dari waduk yaitu di Bendung Rentang yang memiliki jarak ± 40 km dari waduk. Sedangkan untuk memenuhi kebutuhan air baku, air waduk dapat dialirkan baik dari *outlet* irigasi maupun PLTA karena *outlet* air baku berada pada hilir waduk sebelum *outlet* irigasi di Bendung Rentang.

4. Ketersediaan Air

Ketersediaan air disini adalah jumlah air yang ditampung dalam waduk yang berasal dari sungai Cimanuk. Data ketersediaan air juga di dapat dari data debit Bendung Eretan yang berada pada hulu Bendungan Jatigede berupa data debit tengah bulanan sepanjang 34 tahun. Data debit tengah bulanan dapat dilihat pada Lampiran. Pada Gambar 6. di bawah ini ditampilkan seberapa besar ketersediaan air yang tersedia di Waduk Jatigede yang diperoleh dari data rerata debit tengah bulan selama 34 tahun debit historis.



Gambar 6. Ketersediaan air di Waduk Jatigede

5. Kebutuhan Air Irigasi

Total luas areal layanan Bendung Rentang, dengan jaminan airnya dari waduk, akan ditingkatkan menjadi 90.000 ha dari total luas areal yang ada pada saat ini berdasarkan tata tanam tahun 2002/2003 yaitu 87.971 ha untuk tanaman padi rendeng masa tanam ke-1 (MT-I) pada musim penghujan. Kebutuhan air irigasi Bendung Rentang dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Data kebutuhan air irigasi Waduk Jatigede

Tengah bulan	Jumlah hari	Kebut. air irigasi (m ³ /s)	—	Tengah bulan	Jumlah hari	Kebut. air irigasi (m ³ /s)
Jan-1	15	71,03		Jul-1	15	118,58
Jan-2	16	68,03		Jul-2	16	76,05
Feb-1	15	62,65		Agt-1	15	32,58
Feb-2	13	51,74		Agt-2	16	0,00
Mar-1	15	67,92		Sep-1	15	0,00
Mar-2	16	87,00		Sep-2	15	0,00
Apr-1	15	90,68		Okt-1	15	56,29
Apr-2	15	82,35		Okt-2	16	102,43
Mei-1	15	79,80		Nov-1	15	122,00
Mei-2	16	91,22		Nov-2	15	98,58
Jun-1	15	103,82		Des-1	15	79,63
Jun-2	15	115,72		Des-2	16	73,02

6. Kebutuhan Air Baku

Waduk Jatigede memiliki 2 daerah layan air baku, yakni Kabupaten Indramayu dan Kabupaten Cirebon. Kebutuhan air baku ini telah diproyeksikan dengan pertumbuhan penduduk di kedua kabupaten hingga tahun 2030. Untuk lebih detailnya dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 5. Data kebutuhan air baku Waduk Jatigede

Lokasi	Satuan	2000	2005	2010	2015	2020	2025	2030
Indramayu	lt/s	315	408	1067	1123	1264	1427	1684
	m ³ /s	0,31	0,41	1,07	1,12	1,26	1,43	1,68
Cirebon	lt/s	227	278	442	623	842	1250	1788
	m ³ /s	0,23	0,28	0,44	0,62	0,84	1,25	1,79
Total	lt/s	542	686	1509	1746	2106	2676	3472
	m ³ /s	0,54	0,69	1,51	1,75	2,11	2,68	3,47

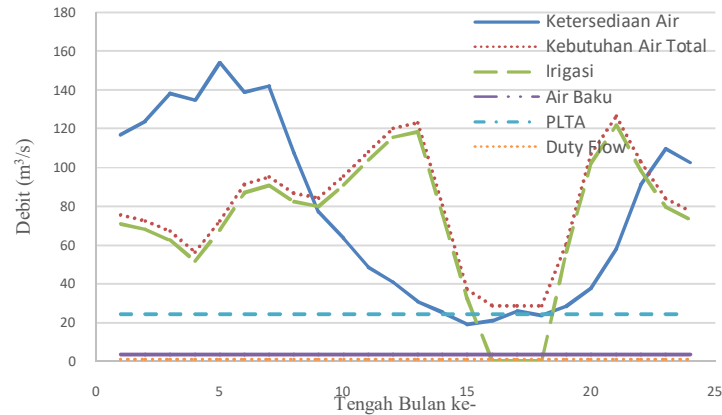
Dari Tabel 5 diatas maka didapatkan total kebutuhan air baku yang dilayani Waduk Jatigede untuk Kabupaten Cirebon dan Kabupaten Indramayu total adalah sebesar 3,5 m³/s.

7. Kebutuhan Air PLTA dan *Duty Flow*

Kebutuhan air untuk PLTA pada dasarnya hanya digunakan untuk menggerakkan turbin lalu air dapat dipergunakan untuk irigasi maupun air baku. Akan tetapi turbin PLTA memiliki ketentuan debit maksimum dan minimum yang diperbolehkan untuk memutarakan turbin. Debit maksimum yang diperbolehkan sebesar 73 m³/s sedangkan debit minimum yang perlukan untuk memutarakan turbin sebesar 14,6 m³/s. Pada studi ini turbin PLTA tidak bekerja sepanjang hari, namun hanya 5 jam per hari pada saat *peakhour*. Sehingga perlu diperhatikan berapa debit air yang diperlukan dalam 1 hari pada saat simulasi.

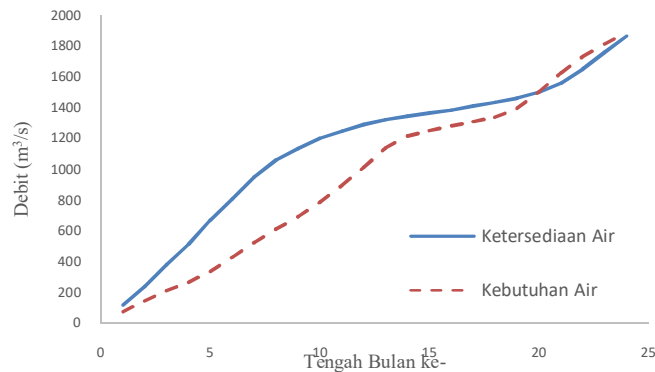
8. Neraca Air Waduk Jatigede

Neraca air disini adalah untuk melihat perbandingan antara ketersediaan air dan kebutuhan air Waduk Jatigede. Pada Gambar 7 dibawah ini akan ditampilkan seberapa besar defisit maupun surplus air waduk antara ketersediaan air waduk dan kebutuhan air waduk.



Gambar 7. Kurva perbandingan ketersediaan dan kebutuhan air Waduk Jatigede

Kurva pada Gambar 7. diambil dari data ketersediaan air yang berasal dari debit rerata 34 tahun Bendung Eretan sedangkan data kebutuhan air berupa kebutuhan air irigasi Bendung Rentang, kebutuhan air baku dan kebutuhan air untuk PLTA.



Gambar 8. Neraca air Waduk Jatigede

Dari neraca air Gambar 8. diatas dapat dilihat terdapat *surplus* air pada pertengahan tahun, namun pada akhir tahun terjadi *defisit*. Dalam kondisi ini diperlukan optimasi guna memaksimalkan fungsi dari air agar tidak terjadi surplus yang terlalu banyak pada pertengahan tahun dan defisit pada akhir tahun.

Tabel 6. Hasil simulasi waduk menggunakan debit historis

Prioritas	Irigasi	Air Baku	PLTA	Rata-rata
Irigasi	89%	81%	96%	89%
PLTA	88%	100%	96%	95%

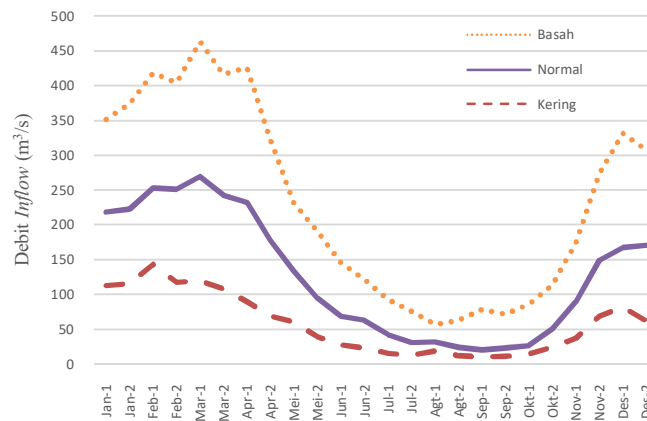
Hasil simulasi menggunakan debit historis menunjukkan bahwa apabila waduk memiliki prioritas yang berbeda, besaran nilai reliabilitas yang dihasilkan juga berbeda sesuai dengan prioritasnya.

9. Simulasi Pengaturan *Release* Air Waduk dengan Skenario Pola Debit

Simulasi dengan menggunakan skenario pola debit dilakukan untuk mengetahui kemampuan waduk dalam beberapa kondisi seperti pada kondisi tahun basah, normal dan kering. Pola debit tahun basah, normal dan kering dapat dilihat pada Tabel 7. Pola debit digunakan sebagai *inflow* yang masuk kedalam waduk.

Tabel 7. Distribusi debit tengah bulanan pola skenario *inflow* waduk (m³/s)

Bulan	Tahun			Bulan	Tahun		
	Basah	Normal	Kering		Basah	Normal	Kering
Jan-1	133,46	105,53	113,19	Jul-1	50,21	26,76	16,26
Jan-2	151,04	106,68	116,35	Jul-2	45,70	17,60	13,55
Feb-1	165,25	109,31	143,51	Agt-1	25,29	13,01	19,14
Feb-2	153,04	133,58	117,96	Agt-2	38,66	11,89	12,74
Mar-1	193,86	149,15	120,27	Sep-1	57,94	10,09	10,93
Mar-2	174,09	134,94	107,92	Sep-2	48,19	11,73	11,88
Apr-1	193,71	142,00	90,29	Okt-1	59,60	11,31	15,55
Apr-2	144,54	108,71	69,26	Okt-2	63,48	25,54	25,35
Mei-1	98,62	72,69	60,91	Nov-1	84,72	52,63	37,73
Mei-2	96,65	55,13	39,84	Nov-2	124,00	80,75	69,16
Jun-1	77,12	41,13	28,49	Des-1	163,69	85,28	82,65
Jun-2	59,21	39,15	24,19	Des-2	136,80	108,18	62,82
Total				Total	2538,88	1652,77	1409,93
Rata				Rata	105,79	68,87	58,75
Max				Max	193,86	149,15	143,51
Min				Min	25,29	10,09	10,93

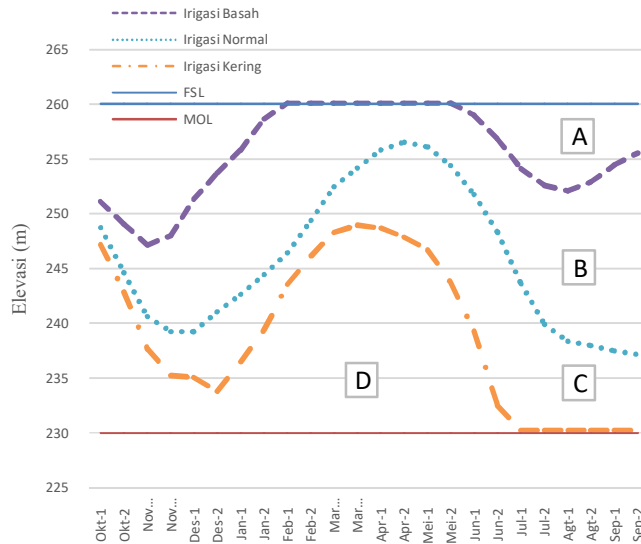
Gambar 11. Distribusi debit tengah bulanan pola skenario *inflow* waduk

Dari hasil simulasi menggunakan pola debit maka didapatkan hasil simulasi seperti pada Tabel 8.

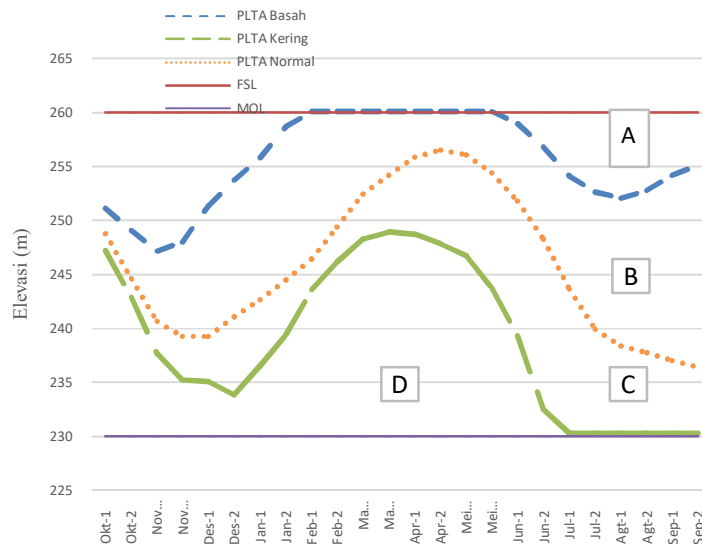
Tabel 8. Hasil simulasi waduk menggunakan skenario pola debit *inflow*

Prioritas	Tahun	Irigasi	Air Baku	PLTA	Rata-rata
Irigasi	Basah	100%	100%	100%	100%
	Normal	100%	100%	100%	100%
	Kering	92%	88%	95%	91%
PLTA	Basah	100%	100%	100%	100%
	Normal	100%	100%	100%	100%
	Kering	91%	100%	95%	95%

Sedangkan hasil simulasi dengan menggunakan skenario pola debit *inflow* untuk setiap prioritas yang berupa *rulecurve* dari Waduk Jatigede dapat dilihat pada Gambar 12 dan Gambar 13.



Gambar 12. *Rulecurve* Waduk Jatigede dengan model prioritas irigasi



Gambar 13. *Rulecurve* Waduk Jatigede dengan model prioritas PLTA

Dari *rulecurve* diatas dapat dilihat untuk zona A merupakan zona banjir dimana muka air berada diantara elevasi maksimum waduk dan elevasi pada tahun basah. Zona B merupakan zona normal atau merupakan zona air waduk yang ideal, dimana muka air berada diantara elevasi muka air tahun basah dan tahun kering. Zona C merupakan zona kering dan zona D merupakan zona kering.

Zona yang digunakan sebagai dasar pengoperasian Waduk Jatigede yaitu zona B, zona yang berada diantara tahun basah dan tahun normal. Sehingga apabila kondisi elevasi muka air berada diluar dari zona B, maka diperlukan pengaturan pola pengoperasian waduk agar elevasi muka air berada pada zona B.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dapat diambil kesimpulan bahwa *inflow* yang masuk kedalam Waduk Jatigede cukup besar dan hanya mengalami sedikit defisit pada akhir tahun untuk setiap tahunnya. Sehingga setelah dilakukan simulasi dengan 2 model prioritas didapatkan untuk prioritas sebagai fungsi irigasi, reliabilitas irigasi, air baku dan PLTA berturut-turut sebesar

89%, 81% dan 96% sedangkan untuk prioritas sebagai fungsi PLTA, reliabilitas irigasi, air baku dan PLTA berturut-turut sebesar 88%, 100% dan 96%

Simulasi juga dilakukan dengan variasi tahun basah, normal dan kering dari skenario pola debit. Variasi ada simulasi dimaksudkan agar dapat memperkirakan berbagai macam keadaan yang akan waduk alami baik dengan prioritas waduk sebagai penyuplai kebutuhan irigasi maupun prioritas waduk sebagai penyuplai kebutuhan PLTA. Hasil simulasi 1 tahun dengan *inflow* tahun basah, normal dan kering dengan prioritas waduk untuk irigasi juga menghasilkan reliabilitas air irigasi, air baku dan PLTA berturut untuk tahun kering sebesar 92%, 88% dan 95% sedangkan dengan prioritas waduk untuk PLTA juga menghasilkan reliabilitas air irigasi, air baku dan PLTA berturut-turut untuk tahun kering sebesar 91%, 100%, 95%. Untuk tahun basah dan normal, kedua prioritas sama menunjukkan kemampuan waduk melayani kebutuhan air waduk dengan reliabilitas untuk semua kebutuhan air 100%.

Berdasarkan hasil simulasi operasi Waduk Jatigede didapatkan zona elevasi muka air ideal yang berada pada zona B, dimana kondisi yang berapa diantara elevasi muka air tahun basah dan elevasi muka air tahun normal sehingga pola pengoperasian waduk sebisa mungkin mengatur elevasi air waduk berada pada zona B agar waduk mampu untuk melayani kebutuhan air untuk irigasi, air baku dan air untuk PLTA sepanjang tahun.

Saran

Ada beberapa saran untuk penelitian selanjutnya yaitu mengenai fungsi dari waduk sebagai pengendali banjir karena dalam penelitian ini tidak dibahas mengenai pengendalian banjir. Padahal Waduk Jatigede juga difungsikan sebagai pengendali banjir sehingga diperlukan penelitian mengenai pemanfaatan sumber daya air dengan memperhatikan fungsi sebagai pengendali banjir.

Daftar Pustaka

- Jayadi, R., 2012. *Analisis Sumber Daya Air*. Yogyakarta: Diktat Kuliah Program Pascasarjana Universitas Gadjah Mada.
- Mustaqim, 2014. *Model Simulasi Pengoperasian Waduk Bili-Bili Untuk Optimasi Kapasitas Suplai Air Irigasi dan Air Baku Di Daerah Aliran Sungai Jeneberang Provinsi Sul-Sel*. Yogyakarta: Tesis Program Pascasarjana Universitas Gadjah Mada.
- Rahmadana, A., 2013. *Studi Pengaturan Air Untuk Meningkatkan Kinerja Waduk Batutegi*. Yogyakarta: Tesis Program Pascasarjana Universitas Gadjah Mada.
- Samosir, C. S., Soetopo, W. & Yuliani, E., 2015. *Optimasi Pola Operasi Waduk Untuk Memenuhi Kebutuhan Energi Pembangkit Listrik Tenaga Air (Studi Kasus Waduk Wonogiri)*. Malang: Jurnal Magister Teknik Pengairan Universitas Brawijaya.
- Sofyan, S. A. A., 2016. *Optimasi Operasi Waduk Jatigede Menggunakan Linear Programming dan ChanceConstraint Non Linear Programming*. Bandung: Tesis Program Pascasarjana Institut Teknologi Bandung.